



Hacienda Pública Española / Revista de Economía Pública, 180-(1/2007): 9-34
© 2007, Instituto de Estudios Fiscales

I+D como factor productivo en la economía española: un análisis empírico regional y sectorial

MANUEL BALMASEDA DEL CAMPO

Análisis Económico CEMEX

ÁNGEL MELGUIZO ESTESO

Servicio de Estudios del BBVA

Recibido: Octubre, 2004

Aceptado: Noviembre, 2006

«(...) Los medios de comunicación confunden la imagen de la ciencia con la de la tecnología y transmiten esta confusión a sus usuarios, que consideran científico todo lo que es tecnológico, ignorando en efecto cuál es la dimensión propia de la ciencia, de ésta de la que la tecnología es por supuesto una aplicación y una consecuencia, pero desde luego no la sustancia primaria. La tecnología es la que te da todo enseguida, mientras que la ciencia avanza despacio (...)»

Umberto Eco, escritor

Resumen

En los últimos años se asiste a un notable consenso internacional acerca de la relevancia de la inversión en nuevas tecnologías y en actividades de innovación como medio para fomentar el crecimiento de largo plazo de la economía. Este artículo tiene como principal objetivo contrastar cuantitativamente la aportación de la I+D a la actividad productiva en España en las dos últimas décadas. Ello se aborda desde una doble perspectiva, al contrastar la contribución del capital tecnológico – medido como el *stock* de I+D – a la producción desagregada por CC.AA. y por sectores productivos de la economía privada no agraria, diferenciando éstos en función de su intensidad tecnológica. Además, se evalúa la presencia de externalidades positivas derivadas de la inversión en I+D realizada fuera de la propia región o del sector.

Palabras clave: I+D, Crecimiento económico, Externalidades

Clasificación JEL: D62, E23, O3, O4.

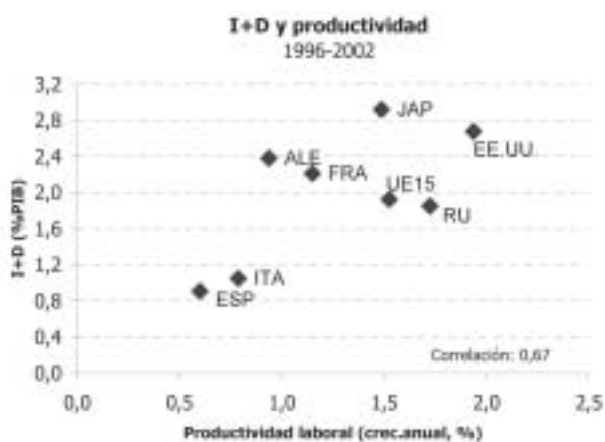
1. Introducción

En los últimos años se asiste a un notable consenso internacional acerca de la relevancia de la inversión en nuevas tecnologías y en actividades de innovación como medio para fomentar el crecimiento de largo plazo de la economía. Tanto la Comisión Europea como buena parte de los Bancos Centrales, la OCDE y la práctica totalidad de los Gobiernos nacionales consideran las actividades de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i) como un

determinante clave del crecimiento de la productividad de largo plazo de la economía y, por ello, de la prosperidad económica.

Es más, el objetivo aprobado en el Consejo Europeo de Lisboa en marzo de 2000 de convertir a la Unión Europea (UE) en la «economía basada en el conocimiento más competitiva y dinámica en 2010» atribuyó al aumento de la inversión en I+D (cuantificada hasta el 3% del PIB en 2010) un papel protagonista. Este objetivo permanece, de hecho, como elemento central en la agenda comunitaria y es considerado instrumento esencial en la evaluación de la capacidad competitiva de los países. En esta línea, el Plan Nacional de I+D+i 2004-2007 de España previó un aumento de la inversión en I+D desde el 0,96% del PIB en 2001 hasta el entorno del 1,4% en 2007, prácticamente renunciando a los objetivos de Lisboa, pero reflejando un notable esfuerzo. El aumento de las partidas presupuestarias destinadas a la I+D (25% anual) son un claro reflejo de ello.

La base teórica de esta posición parte de las aportaciones seminales de la literatura sobre el crecimiento económico de Solow (1957) y Griliches (1979), que fueron retomadas y perfeccionadas durante la década de los noventa por los trabajos sobre modelos de crecimiento endógeno de Romer (1990), Grossman y Helpman (1991) y Aghion y Howitt (1992), entre otros. El resurgimiento del interés por estos modelos se debe al mejor desempeño de la productividad en aquellas economías con una mayor intensidad innovadora, aproximada por el porcentaje de inversión en I+D sobre PIB (véase el Gráfico 1 para años recientes).



Fuente: INE, Comisión Europea y Eurostat.

Gráfico 1. I+D y productividad, 1996-2002

De hecho, según un estudio para una muestra de 16 países de la OCDE entre 1980 y 1998 elaborado por Guellec y van Pottelsberghe (2001), un incremento del 1% de la I+D empresarial permite un incremento del 0,13% de la productividad total de los factores —esto

es, de la eficiencia de la economía—, mientras que un aumento idéntico de la I+D pública la elevaría en un 0,17%.

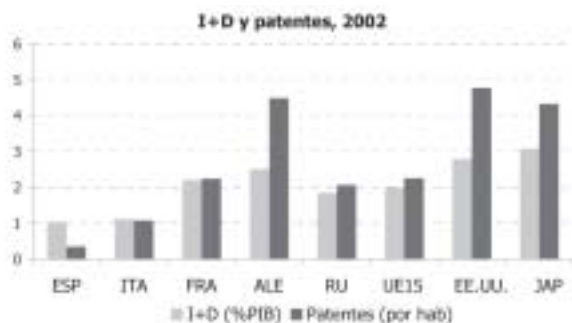
En este contexto, España se erige como un caso paradigmático. El elevado crecimiento de la actividad contrasta con los bajos niveles relativos de inversión en I+D, habiéndose desacelerado tanto la productividad aparente del trabajo como la productividad total de los factores en las últimas décadas. Este bajo esfuerzo inversor en I+D es observable tanto para el conjunto de la economía como para todos los sectores productivos.

El presente artículo tiene como principal objetivo contrastar cuantitativamente la aportación de la innovación a la actividad productiva en España en las dos últimas décadas. Las limitaciones estadísticas impiden considerar el impacto de la I+D+i, concepto más próximo al propuesto por la literatura teórica, por lo que el artículo se circunscribe a las actividades de I+D.

Asimismo, es bien conocido que la actividad innovadora de una economía permite dos aproximaciones alternativas: como *output* y como *input*. En el primer caso se recurren a indicadores sobre los nuevos productos y los nuevos procesos productivos registrados por medio de patentes. En cambio, en el segundo la innovación se aproxima por la inversión en investigación y desarrollo (I+D), la inversión en innovación (*i*) y demás gastos en tecnología y formación de los trabajadores. En el artículo se opta por esta opción, dada su mayor correspondencia con el enfoque de funciones de producción adoptado en la literatura sobre crecimiento económico. Ello permite considerar la posibilidad de que la inversión en I+D+i que no se traduce en una patente tenga incidencia sobre la actividad económica, por medio de impactos sobre la formación de capital humano y sobre la probabilidad de éxito futuro. Las estadísticas sobre patentes representan una aproximación más limitada, al registrar sólo aquellos procesos de innovación presentados en la correspondiente oficina de patentes, y que cumplen con los requisitos formales de aplicabilidad práctica definidos por la misma. Asimismo, la forma habitual de introducir las especificaciones empíricas (por su número total o per cápita) dificulta tomar en consideración el diferente valor de las mismas. En todo caso, en el Gráfico 2 se representan los indicadores de innovación de ambos enfoques, corroborándose la estrecha correlación entre ellos.

Con una perspectiva más amplia, las actividades de I+D se configuran como una de las fuentes de acumulación de conocimiento, junto con la investigación básica (tanto la realizada por instituciones del Sector Público como por centros privados), la explotación del talento individual y los procesos de aprendizaje por medio de la práctica (*learning by doing*).

El enfoque del artículo es algo más modesto en este sentido. La principal aportación es de carácter empírico, al estimarse cuantitativamente la aportación de la I+D al crecimiento económico con un elevado grado de desagregación. Así, el contraste sobre la contribución del capital tecnológico —medido como el *stock* de I+D— a la producción se realizará a nivel desagregado, por un lado, por CC.AA. y, por otro, por sectores productivos. Además, se evaluará la existencia de externalidades positivas derivadas de la inversión en I+D realizada fuera de la propia región o del sector. Finalmente, las estimaciones sectoriales se ampliarán



Nota: Patentes presentadas en las oficinas de EE.UU. y Europa, por cada 100 millones de habitantes
Fuente: INE y Eurostat

Gráfico 2. I+D y patentes, 2002

clasificando los sectores en función de su intensidad tecnológica. A partir de estos resultados, y en el ámbito de la Economía Pública, este artículo permite aproximar la bondad de la I+D fomentada por el Sector Público (vía deducciones fiscales o financiada directamente por el Estado) como instrumento de apoyo a la productividad, así como fundamentar recomendaciones para el diseño óptimo de la política nacional de innovación en función de la importancia de las externalidades regionales y sectoriales.

El artículo se organiza como sigue. En la segunda sección se revisa de forma sintética el marco teórico de impacto de la I+D sobre la actividad económica. En la tercera sección se presenta la metodología utilizada para contrastar la contribución del capital tecnológico a la actividad, basada en la estimación de funciones de producción. La descripción de la construcción de las series empleadas y, en particular, del capital tecnológico se incluye en la cuarta. La quinta sección presenta los resultados empíricos regionales, mientras que los sectoriales se recogen en la sexta. Las conclusiones, las principales recomendaciones, las líneas de ampliación y las referencias bibliográficas cierran el trabajo.

2. Una breve revisión de la literatura teórica

La contribución de la I+D al crecimiento económico es un elemento común en los enfoques de crecimiento económico desde las aportaciones seminales de Griliches en la década de los setenta, por lo que en el presente artículo se realiza una revisión concisa. El punto de partida de todos los trabajos es la posibilidad de incorporar la inversión en I+D dentro de la función de producción de la economía.

Siguiendo los trabajos de Griliches (1979), la primera aproximación consiste en tratar la inversión en I+D como una inversión no sustancialmente diferente de otras formas de capital, por lo que en la función de producción neoclásica propuesta por Solow (1957), o su ver-

sión ampliada con capital humano por Mankiw et al. (1992), se puede añadir un factor adicional representativo del esfuerzo acumulado en I+D.

Sin embargo, ya algunos de estos trabajos reconocen que la estimación del impacto económico de la I+D entraña dificultades adicionales, derivadas en primer lugar de la propia medición del *stock* de I+D en función de los supuestos de depreciación empleados y del retardo existente entre la realización de la inversión en innovación y sus resultados prácticos. Y, en segundo lugar, de la necesidad de que los precios de producción estén bien medidos —lo cual es difícil en sectores intensivos en I+D como la sanidad o la defensa—, y ajustados por calidad —sin lo cual inversiones en I+D que se traducen en productos de mayor calidad comercializados a un mismo precio parecerían erróneamente ineficaces.

Por ello, otra línea de investigación sostiene que la inversión en I+D es intrínsecamente diferente a la inversión en bienes de equipo o en la formación de los trabajadores. Esta literatura se centra en las externalidades derivadas del conocimiento acumulado a través de la I+D, dado que, debido a la difusión formal o informal de las ideas¹, la rivalidad y posibilidad de exclusión de las mismas es difícil. Ello aleja al capital de I+D de las características de los bienes privados convencionales, dado que numerosos productores pueden emplear una misma idea de manera simultánea y los rendimientos difícilmente se limitarían a la unidad que invierte en innovación. La distinción entre los beneficios internos y los beneficios externos derivados de la I+D genera una diferencia conceptual básica entre literatura neoclásica previa y las contribuciones de la literatura de crecimiento endógeno.

Formalmente, Romer (1990) y Grossman y Helpman (1991) introducen las inversiones en I+D como un factor explicativo del aumento del número de bienes intermedios o de capital utilizados en el proceso productivo, de modo que la productividad total de los factores crecerá, endógenamente, en función de la acumulación de conocimiento. Un modelo alternativo que introduce la I+D como determinante del cambio tecnológico es el de «escaleras de calidad» («quality ladders») formulado por Grossman y Helpman (1991) y Aghion y Howitt (1992). Según este enfoque, las mejoras en los procesos productivos conllevan una mayor calidad de los bienes intermedios, que redundan en un valor añadido del *output* superior.

3. El modelo empírico

Así pues, la valoración del impacto del capital tecnológico, fruto de la acumulación de inversión en I+D en la economía, se realiza mediante la estimación de funciones de producción. Para ello, en este trabajo la función de producción tradicional se amplía incorporando un determinante adicional. En particular, además de los factores tradicionales, capital físico (K) y trabajo (L), se introduce la dotación de capital tecnológico propio (K^T) como factor productivo. Esta función de producción se puede expresar de forma general como

$$Y = F(K, L, K^T, A(Z), Z) \quad (1)$$

donde A representa el progreso técnico, representativo de la eficiencia del proceso productivo y Z es un vector de variables que engloba otros determinantes de la producción, como el capital tecnológico ajeno a la economía o el capital humano (H). Por tanto, además de evaluar el impacto del capital tecnológico propio, se contrasta la contribución —a priori positiva— que la inversión en I+D realizada por el resto de regiones o el resto de sectores tiene sobre el *output* de la unidad analizada.

Como se refleja en la función de producción, esta contribución del capital tecnológico externo, al igual que la del capital humano se materializa como determinante del progreso técnico o, alternativamente, y en línea con la literatura sobre las externalidades del conocimiento («knowledge spillovers»), como un efecto externo positivo.

Este enfoque, por el que el capital tecnológico contribuye al crecimiento económico por varias vías, es plenamente coherente con el desarrollo de la literatura sobre crecimiento económico e I+D someramente descrito en la Sección 2 y permite recoger sus principales aportaciones.

A efectos de la estimación, la tecnología se representa por una función de producción *Cobb-Douglas*. La metodología empleada en la estimación es la de datos de panel en niveles de las variables². Bajo estos supuestos, tomando logaritmos de todas las variables, los parámetros de la función de producción general (I) se estiman mediante la siguiente regresión

$$y_{i,t} = \beta k_{i,t} + \varphi l_{i,t} + \gamma k_{i,t}^T + \phi h_{i,t} + \lambda \ln \left(\sum_{j \neq i} K_{j,t}^T \right) + \varepsilon_{i,t} \quad (2)$$

$$\varepsilon_{i,t} = \alpha_i + \alpha_t + \mu_{i,t}$$

dónde las variables en minúsculas representan el logaritmo natural de la variable correspondiente (valor añadido, capital, trabajo, capital tecnológico y capital humano, respectivamente); β , φ , γ , ϕ y λ representan las elasticidades del producto a los distintos factores productivos³; α_i y α_t representan efectos fijos individuales, por regiones o sectores, y temporales⁴; y $\mu_{i,t}$ es una perturbación aleatoria ($N(0, \sigma)$). Finalmente, el subíndice i representa indistintamente a las CC.AA. en las estimaciones regionales o a los distintos sectores en las estimaciones sectoriales y el subíndice t el año.

Al igual que la función de producción (I), la ecuación (2) también es una especificación general, es decir, incorpora especificaciones alternativas que se contrastarán posteriormente y que supondrán la introducción de restricciones sobre las elasticidades de los factores de producción. Así, por ejemplo, los contrastes empleados no permiten rechazar la hipótesis nula de existencia de rendimientos constantes de escala de los factores de producción internos⁵. En el caso de las estimaciones regionales, capital físico, trabajo, capital humano y capital tecnológico propio (es decir, $\beta + \varphi + \gamma + \phi = 1$); y en el de las sectoriales, capital físico, trabajo y capital tecnológico propio ($\beta + \varphi + \gamma = 1$)⁶. Por tanto, los resultados empíricos presentados tendrán en consideración este hecho.

4. Las series estadísticas

Se ha construido una base de datos original con la máxima cobertura temporal y la mayor desagregación regional y sectorial posible, dadas las fuentes estadísticas disponibles en España. El *output* y el empleo, medidos como el valor añadido bruto a precios básicos en euros constantes de 1995 y los puestos de trabajo equivalentes a tiempo completo respectivamente, se obtienen de las series de la *Contabilidad Nacional* y la *Contabilidad Regional de España* del INE. El capital físico, medido en euros constantes de 1995, se obtiene de las series de *Stock de capital en España y su distribución territorial 1964-2001* de la Fundación BBVA-IVIE y el capital humano, aproximado según la proporción de población ocupada con estudios medios, de las series de *Capital humano y actividad económica* de la Fundación Bancaja-IVIE. La intensidad tecnológica sectorial se aproxima por las compras intermedias de cada rama reflejadas en las *Tablas Input-Output* del INE. Por último, las series de capital tecnológico se han elaborado específicamente para este trabajo, partiendo de la *Encuesta sobre actividades de I+D* del INE.

La base de datos regional cubre a las diecisiete CC.AA. (excluyendo Ceuta y Melilla) entre 1987 y 1999. Este período viene determinado por las series del *stock* de capital físico, hasta 2001 disponibles sólo para el agregado nacional y no territorializado. Las series de valor añadido y de empleo se han elaborado enlazando las series de Contabilidad Nacional de España (CNE-86) y Contabilidad Regional de España (CRE-86) respectivamente en base 1986 (disponibles para el período 1980-1996) con las series base 1995 CNE-95 (1995-2001). Para ello, se han tomado directamente las series originales de la CNE-95 y se han reconstruido las referidas a los años previos partiendo del nivel de 1995 y aplicando las tasas de variación de la serie observadas en las series de CNE-86 y CRE-86⁷.

En cuanto a las series sectoriales, la muestra empleada cubre 16 ramas productivas pertenecientes al sector privado no agrario no financiero, entre 1986 y 2000⁸. Su construcción precisó de una labor de homogeneización, dado que se emplearon cinco fuentes estadísticas con niveles de desagregación y definiciones sectoriales heterogéneos. Así, las *Tablas Input-Output* presentan información desagregada a 110 ramas, frente a las 70 ramas del valor añadido y del empleo de la CNE-95, las 57 ramas del valor añadido de la CNE-86, las 43 ramas disponibles para las series de I+D, las 25 ramas del *stock* de capital físico y las 18 ramas del empleo de la CRE-86.

Como resultado de este proceso, se identificaron 19 sectores suficientemente homogéneos⁹: Agricultura, ganadería y pesca (AGR), Energía (ENE), Metalurgia y productos metálicos (MET), Minerales no metálicos (MIN), Productos químicos (QUI), Maquinaria (MAQ), Material de transporte (MAT), Alimentos, bebidas y tabaco (ALI), Textiles (TEXT), Otros productos manufactureros (MANU), Papel y edición (PAP), Plástico y caucho (PLAS), Construcción (CONS), Comercio y hostelería (COME), Servicios de transporte (TRANS), Comunicaciones (COMU), Otros servicios de mercado (SS), Servicios financieros (FIN) y Servicios públicos (SP). El cambio de base de la Contabilidad Nacional introdujo además una ruptura en la serie del valor añadido de Agricultura, ganadería y pesca que aconseja su

exclusión. Por otra parte, debido a los problemas habituales de medición de la actividad de los servicios financieros de los precios y del valor añadido y de los precios de los servicios de no mercado, se optó igualmente por obviarlos¹⁰. Adicionalmente, se han empleado las *Tablas Input-Output* del INE para determinar el grado de intensidad tecnológica de cada sector (aproximado por el porcentaje de compras intermedias a los sectores de Tecnologías de la Información y la Comunicación, TIC). La metodología y los resultados se desarrollan en la Sección 6.

En lo referente a las series de capital humano, la no disponibilidad de las mismas con la suficiente desagregación impiden que se incluya este factor en la especificación sectorial (sólo están disponibles para seis grandes grupos de actividades). Por último, el período temporal viene determinado por la disponibilidad de series de *stock* de capital físico, si bien esta serie hubo también de reconstruirse en el bienio 1999-2000, dado que sólo se presentaban agregadas a cuatro grandes ramas¹¹. La metodología de enlace del empleo y del valor añadido entre la CNE-86 y CRE-86 y la CNE-95 es la misma que la aplicada sobre los datos regionales.

Las series de capital tecnológico, tanto regionales como sectoriales e identificadas como el *stock* de I+D, se elaboran sobre la base de la *Encuesta sobre actividades de I+D* del INE, por medio del método de inventario permanente. Las limitaciones estadísticas impiden considerar el impacto de la I+D+i, concepto más próximo al propuesto por la literatura teórica. En todo caso, en las secciones siguientes se presentarán algunas estadísticas obtenidas de la *Encuesta sobre innovación tecnológica en las empresas* del INE que muestran la elevada correlación entre la I+D y la I+D+i, también a nivel regional y sectorial.

Los flujos de I+D se aproximan por los gastos internos en I+D, en términos reales según el deflactor de la formación bruta de capital fijo¹². De esta manera, el capital tecnológico de la región i (o, análogamente del sector i) en el año t , se expresa como

$$K_{i,t}^T = (1 - \delta) K_{i,t-1}^T + (I+D)_{i,t+1-\theta} \quad (3)$$

donde δ es la tasa de depreciación de dicha inversión y θ es el retardo entre la realización de la inversión en I+D y su utilización efectiva en el proceso productivo. Por su parte, el *stock* en el año inicial 0 (en 1987 en las series regionales y en 1986 en las series sectoriales) se puede expresar como

$$K_{i,0}^T = \frac{(I+D)_{i,0+1-\theta}}{g + \delta} \quad (4)$$

donde g es la tasa de crecimiento promedio observado del flujo de I+D real en el período.

Suponiendo, en línea con la literatura empírica, que transcurre un año entre la inversión en I+D y su impacto sobre la productividad y una tasa de depreciación de este tipo de inversión del 10%¹³, estas expresiones se transforman en

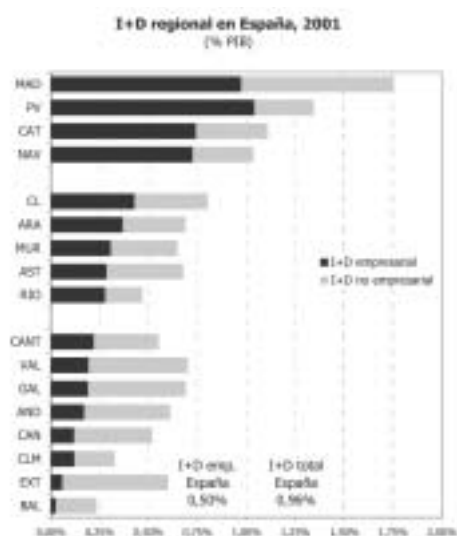
$$K_{i,t}^T = 0,9K_{i,t-1}^T + (I+D)_{i,t} \quad (5)$$

$$K_{i,0}^T = \frac{(I+D)_{i,0}}{g+0,1} \quad (6)$$

5. Los resultados regionales

En España, al igual que en el resto de países de la UE, se observan notables diferencias en el esfuerzo inversor en I+D de las regiones. Según las estadísticas de *Eurostat*, en 2000, en nueve de los diez países para los que se disponía de información desagregada, las dos regiones líderes en gasto en I+D de cada país concentraban más del 40% del gasto nacional, elevándose este porcentaje al 77% en Finlandia. En España, la Comunidad de Madrid y Cataluña concentraban el 55% de la inversión en I+D española¹⁴.

Ello aconseja que el análisis de la contribución del capital tecnológico al incremento de la productividad tenga en cuenta estas divergencias regionales, ejercicio que se aborda por CC.AA. en el caso de España. Como se muestra en el Gráfico 3, en el año 2001 la inversión en I+D, como porcentaje del PIB, varió significativamente entre las regiones españolas, pudiendo distinguirse tres grupos: regiones líderes, con unos niveles de I+D empresarial y total por encima del promedio (Madrid, País Vasco, Cataluña y Navarra), regiones seguido-



Nota: La I+D no empresarial incluye las actividades de I+D de Enseñanza superior, Administraciones Públicas e Instituciones privadas sin fines de lucro.

Fuente: INE

Gráfico 3. I+D regional en España 2001

ras, que muestran unos niveles similares en I+D total al resto de regiones no líderes, pero con una proporción significativamente superior de I+D empresarial (Castilla y León, Aragón, Murcia, Asturias y La Rioja) y regiones rezagadas (Cantabria, Comunidad Valenciana, Galicia, Andalucía, Cantabria, Castilla-La Mancha, Extremadura y Baleares).

Como se indicó previamente, las limitaciones estadísticas impiden considerar el impacto de la I+D+i sobre la actividad económica regional y sectorial en las últimas décadas. Así, la *Encuesta sobre innovación tecnológica en las empresas* del INE se realizó por primera vez en 1994 y desde entonces en el período analizado sólo se ha realizado para los años 1996, 1998, y 2000. Además, la cobertura sectorial no es homogénea, dado que hasta 2000 la encuesta se limitaba a las empresas industriales, no ofreciendo información sobre el proceso de innovación en las empresas de servicios y de construcción. En todo caso, en el Gráfico 4 se muestra el gasto total en actividades de innovación en 2000, manteniendo el *ranking* previamente definido. Ello permite observar que, con las cautelas aconsejadas por evaluar un solo año, a excepción de Aragón (que reflejó el mayor ratio de gasto en innovación sobre el PIB de todas CC.AA. en 2000¹⁵), la ordenación propuesta sobre la base de la I+D empresarial se mantiene vigente. De hecho, la inversión en I+D (I+D interna) considerada en este artículo es la partida más relevante, representando en 2002 el 34,8% del total de gastos de innovación de las empresas españolas¹⁶.

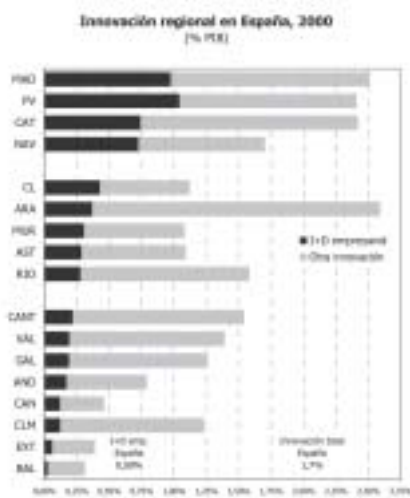


Gráfico 4. Innovación regional en España 2000

Además, esta clasificación es bastante robusta en todo el período temporal considerado (1987-2001), lo que se traduce en unas divergencias notables en la dotación de capital tecnológico por empleado (reflejadas en el Gráfico 5). Mientras que en 2002 el capital tecnológico por empleado en España se elevó a 2.075 euros constantes, las regiones líderes

(Madrid y País Vasco) se situaron significativamente por encima del promedio nacional, al disponer de más de 2.600 euros por empleado. Las CC.AA. seguidoras en términos de capital tecnológico son Cataluña y Navarra, ligeramente por encima del promedio nacional, mientras que el resto de regiones muestran un significativo retraso, especialmente patente en Baleares, Castilla-La Mancha y Extremadura.



Fuente: INE y elaboración propia

Gráfico 5. Capital tecnológico por empleado, España 2002 (Euros de 1995 por empleado)

No obstante, simultáneamente se ha producido una cierta convergencia en la inversión en I+D por regiones, de modo que aquellas CC.AA. que partían con unos niveles de capital tecnológico más bajos al inicio del período han registrado, en términos generales, unas mayores tasas de crecimiento (véase el Gráfico 6).



Fuente: INE y elaboración propia

Gráfico 6. Capital tecnológico por empleado, España 1987-2002 (Tasa de crecimiento promedio)

Así, entre 1987 y 2001, la inversión real en I+D se ha elevado en promedio anual un 9,8% en las regiones rezagadas (alcanzándose el 16% en Castilla-La Mancha y el 24% en La Rioja), frente al 8,4% en las regiones seguidoras y el 5,4% en las líderes. Ello ha permitido que la dotación de capital tecnológico por empleado entre los grupos se haya reducido, dado que si bien sigue siendo muy superior en las líderes (donde era 4,5 veces superior a las rezagadas en 2002), es muy inferior al registrado al inicio del período (en 1987, este ratio se elevaba a 9,8). En definitiva, la I+D parece haberse erigido como una de las fuentes de convergencia regional¹⁷.

Sobre la base del modelo empírico expuesto en la tercera sección, se analiza la contribución del capital tecnológico al *output* entre 1987 y 1999 por CC.AA. Como se mostró en dicha especificación, restringidos por el número de grados de libertad, en las estimaciones se imponen elasticidades del *output* a los factores productivos comunes a todas las regiones. En primer lugar se contrastó la hipótesis de rendimientos constantes a escala en los factores productivos internos, no pudiéndose rechazar dicha hipótesis al 10% de significatividad ($F(1,236)=1,70$). Una vez incorporada esta restricción a la especificación, se contrasta la idoneidad de la inclusión de efectos fijos temporales y regionales mediante contrastes de Chow, rechazándose la hipótesis nula de ausencia de efectos fijos regionales al 1% de significatividad en todas las especificaciones. En tercer lugar, al contrastar la presencia de efectos fijos frente a efectos aleatorios mediante contrastes de Hausman, los χ^2 asociados a todos los contrastes no permiten rechazar la hipótesis nula de efectos fijos (*p-values* superiores al 75%). Los resultados de las especificaciones elegidas se recogen en el Cuadro 1.

Cuadro 1.
Funciones de producción regionales con capital tecnológico

Variable dependiente: Output/Trabajo (a)					
	I	II	III	IV	V
Capital/Trabajo	0,437** (0,043)	0,448** (0,048)	0,489** (0,0053)	0,491** (0,053)	0,593** (-0,054)
Stock I+D/Trabajo	0,056** (0,010)	0,059** (0,011)	0,064** (0,011)	0,061** (0,011)	
Capital humano/Trabajo		-0,015 (0,027)		0,032 (0,037)	
Stock I+D exterior			-0,031 (0,018)	-0,046 (0,025)	
Stock I+D total					0,024 (0,018)
Efectos fijos CC.AA.	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Efectos fijos temporales	No	No	No	No	No

Error estándar entre paréntesis

* Significativo al 5% y ** significativo al 1%

(a) Todas las variables se especifican en logaritmos

Fuente: Elaboración propia

La aportación del capital físico es positiva y significativa, si bien su estimación puntual es sensible a la inclusión de factores de producción adicionales. De hecho, los valores puntuales de la elasticidad al incluir el *stock* de capital tecnológico y humano (en torno a 0,4-0,5) son superiores a los valores propuestos en la literatura (del entorno de 1/3, en línea con su participación en el *output*) y a los obtenidos por algunos de los trabajos empíricos por CC.AA. más recientes en España (0,18-0,27 según Gorostiaga (1999) para el período 1969-1991 dentro de una especificación que incorpora adicionalmente capital público y una ecuación de convergencia y entre 0,19 y 0,34 para el período 1987-1996 según Gumbau y Maudos (2001 y 2006)).

Centrándose en la aportación del *stock* de I+D, se observa que su elasticidad es positiva y significativa en prácticamente todas las especificaciones, siendo el coeficiente estimado (en torno a 0,06) robusto a la inclusión de variables explicativas adicionales, como el capital humano o el capital tecnológico ajeno. Además, en una función de producción *Cobb-Douglas* con rendimientos constantes de escala, la rentabilidad implícita de los factores de producción es igual a su elasticidad multiplicada por el ratio del *stock* del factor al *output*

$$r = \beta \frac{Y}{K} \quad \text{para el capital físico} \quad (7)$$

$$r^T = \gamma \frac{Y}{K^T} \quad \text{para el capital tecnológico} \quad (8)$$

donde r y r^T son las rentabilidades marginales del capital físico y del capital tecnológico respectivamente y β y γ las elasticidades correspondientes del *output* estimadas en la función de producción. Ello implica que $\frac{r^T}{r} = \frac{\gamma}{\beta} \frac{K}{K^T}$. A pesar de que el coeficiente del capital tecnológico estimado es sustancialmente inferior al asociado al capital físico (0,06 frente a 0,44), el reducido nivel de su *stock* (5% del valor añadido en promedio, frente al 183% en el caso del capital físico) hace que su rentabilidad marginal sea muy elevada. Las estimaciones realizadas sugieren que podría más que triplicar la rentabilidad del capital físico. La rentabilidad sería incluso superior en el caso de la I+D empresarial, dado su relativamente bajo nivel acumulado. Asimismo, en la medida en que existan externalidades productivas en la economía española, esta rentabilidad aumentaría aún más. En general, los resultados sugieren la bondad de intensificar este tipo de inversión.

La literatura de crecimiento económico endógeno revisada de manera somera en la Sección 2 destacaba la importancia de la difusión del conocimiento acumulado, entre otras vías, por la realización de actividades de I+D como fuente generadora de externalidades positivas (tanto por incrementar la variedad de bienes intermedios como su calidad). Los resultados de las estimaciones, si bien ratifican la relevancia del capital tecnológico propio en la función de producción de las regiones españolas, no corroboran la existencia de estas externalidades. El coeficiente asociado al capital tecnológico ajeno, esto es, al *stock* de I+D

acumulado por el resto de CC.AA. no resulta significativo (véanse las especificaciones III, IV y V)¹⁸.

Finalmente, el capital humano tampoco aparece como factor de producción significativo en las regiones españolas, en contraste con algunos estudios agregados, si bien éstos no incluyen el capital tecnológico como factor productivo¹⁹. Además, las estimaciones del impacto del capital humano sobre la producción siempre conllevan cautelas adicionales al aproximarse exclusivamente por la educación formal y por su posible interrelación con el resto de factores productivos. De hecho, el trabajo citado de Gorostiaga (1999) encontraba un impacto negativo y significativo del mismo, mientras que su significatividad y estimación puntual en el caso de Gumbau y Maudos (2001) era muy sensible a la especificación de la función de producción. Por el contrario, los resultados son algo más robustos en Gumbau y Maudos (2006), en apoyo de la significatividad del capital humano como determinante del crecimiento regional.

Los resultados cuestionan, en definitiva, la presencia de externalidades positivas derivadas de la difusión del conocimiento por el conjunto del territorio. Ello parece apuntar que cada región debe invertir en I+D como vía para impulsar su productividad²⁰. Una explicación de la ausencia de externalidades positivas del capital tecnológico se derivaría de la propia especialización productiva de las CC.AA., cuya actividad podría concentrarse en sectores no intensivos en tecnología ni en conocimiento. Para ahondar en estas cuestiones se aborda en la sección siguiente el análisis de la contribución del capital tecnológico a la producción sectorial.

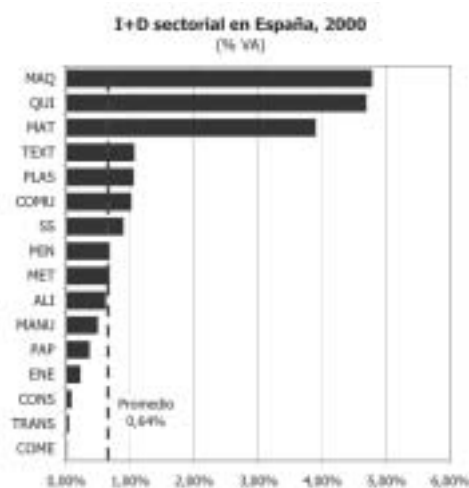
6. Los resultados sectoriales

La mayor parte del retraso relativo en I+D de España con respecto a las economías más desarrolladas se concentra en la I+D financiada por el sector empresarial. Así, según las estadísticas de *Eurostat* referidas a 2002, en torno a dos tercios del diferencial negativo respecto a la UE (1,03% del PIB en España frente al 1,99% de la UE15) se concentra en la I+D empresarial (que supone apenas el 0,56% en España, frente al 1,03% en la UE15)²¹. Esta situación se agrava al constatar que, por su parte, el diferencial negativo de la UE15 con EE.UU. y Japón (1,99% del PIB frente a 2,80 y 2,98% respectivamente) se explica casi en su totalidad precisamente por el estancamiento de la I+D empresarial (1,3% del PIB, frente al 2,04% en EE.UU. y 2,11% en Japón). Este menor esfuerzo innovador es patente con datos a nivel empresarial dado que según las estadísticas de la Comisión Europea, en 2000 entre las 500 empresas que más fondos dedican a actividades de I+D en el mundo, tan sólo dos son españolas (Repsol y Telefónica) e invierten en I+D apenas el 0,1% del agregado mundial²².

Por ello, más allá de objetivos de convergencia regional, la I+D es igualmente crítica para determinar la competitividad de la economía y de las empresas españolas. Estos factores, junto con los derivados de la ausencia de externalidades regionales, explican la necesi-

dad de profundizar en el estudio de la contribución de la I+D empresarial a la evolución de la productividad sectorial.

El análisis de la intensidad en inversión tecnológica de los 16 sectores analizados muestra una sobresaliente concentración del mismo en tres ramas: Maquinaria, Química y Material de transporte. Como se refleja en el Gráfico 7, en 2000 la inversión en I+D alcanzó en estas ramas entre el 4% y el 5% de su valor añadido. Estos sectores, junto con Textiles, Plástico y caucho y Comunicaciones son los únicos en los cuales este tipo de inversiones se elevan por encima del 1% del *output* (frente al 0,6% del promedio de sectores), confirmando la estrecha relación existente entre los sectores productores de Tecnologías de la Información y las actividades de I+D.

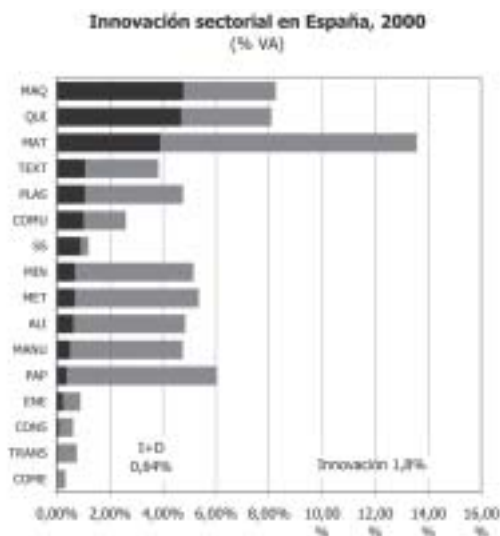


Fuente: INE

Gráfico 7. I+D sectorial en España 2000

Las limitaciones estadísticas de la I+D+i mencionadas previamente son patentes a nivel sectorial, dado que, como fue apuntado, la *Encuesta sobre innovación tecnológica en las empresas* del INE sólo ha comenzado a aproximar la actividad innovadora de los sectores de construcción y de servicios desde 2000. En todo caso, en el Gráfico 8 se muestra que, en 2002, los sectores más innovadores coinciden con los que dedican más recursos a la I+D interna, destacándose el sector de Material de transporte.

El diferencial en las intensidades innovadoras se ha mantenido, en términos generales, en el período 1987-2000, con la excepción de algunos sectores, como la Energía, cuyo esfuerzo innovador en 2000 fue comparativamente menos intenso que en el resto del período²³. La utilización en la estimación de la función de producción del capital tecnológico, es decir, de la acumulación de la inversión en I+D, limita la influencia de años atípicos, además



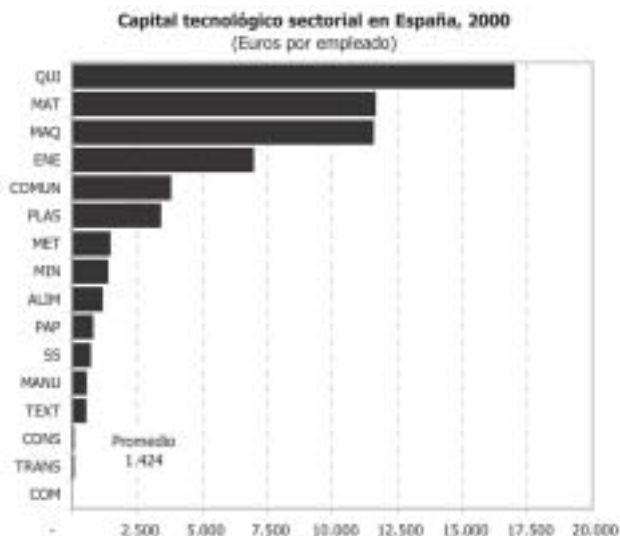
Fuente: INE

Gráfico 8. Innovación sectorial en España 2000

de guardar una mayor concordancia con la estructura de una función de producción. Las tres ramas líderes (Maquinaria, Productos químicos y Material de transporte) concentraron en 2000 dos tercios del capital tecnológico empresarial total (véase la dotación por empleado en el Gráfico 9), elevándose su capital sobre el valor añadido al 30% (frente al promedio nacional situado en torno al 4% del valor añadido).

Paralelamente al análisis realizado para las regiones españolas, se estiman las funciones de producción para evaluar la contribución del capital tecnológico empresarial al *output* sectorial entre 1986 y 2000²⁴. Los contrastes de economías de escala son más robustos que en las especificaciones regionales, no pudiéndose rechazar la hipótesis de rendimientos constantes de escala al 1% de significatividad. Igualmente, y con niveles de significatividad parecidos a los obtenidos en las especificaciones regionales se opta por incluir efectos fijos sectoriales, rechazándose tanto la presencia de efectos temporales como de efectos sectoriales aleatorios. Los resultados de las especificaciones elegidas se recogen en el Cuadro 2.

En contraste con los resultados regionales, el capital tecnológico empresarial propio no parece ser un factor productivo relevante en la actividad de los 16 principales sectores de la economía privada no agraria no financiera durante los últimos quince años (no significativo en la especificación VI del Cuadro 2 y sólo significativo al 5% pero con signo negativo en la especificación VII). En cambio, el capital tecnológico ajeno sí muestra una contribución positiva (especificación VII). Alternativamente, se considera el impacto del capital tecnológico total sobre la producción, agregando el capital propio y ajeno (*stock* de I+D total, especificación VIII). El capital tecnológico total sí que resulta relevante, como muestra la signi-



Fuente: INE y elaboración propia

Gráfico 9. Capital tecnológico sectorial en España 2000

Cuadro 2.
Funciones de producción sectoriales con capital tecnológico

Variable dependiente: Output/Trabajo (a)

	VI	VII	VIII
Capital/Trabajo	0,711** (0,055)	0,540** (0,065)	0,558** (0,065)
Stock I+D/Trabajo	0,010 (0,015)	-0,048* (0,020)	
Stock I+D exterior		0,162** (0,037)	
Stock I+D total			0,096** (0,028)
Efectos fijos sectoriales	Sí	Sí	Sí
Efectos fijos temporales	No	No	No

Error estándar entre paréntesis

* Significativo al 5% y ** significativo al 1%

(a) Todas las variables se especifican en logaritmos

Fuente: Elaboración propia

ficatividad y la robustez de su elasticidad estimada, incluso superior a la obtenida a nivel regional. Este resultado apunta, por un lado, a la existencia de externalidades productivas a nivel sectorial y, por otro, a la existencia de diferencias en el comportamiento de los diferentes sectores de la muestra.

En concreto, las diferentes ramas productivas de la economía difieren en su intensidad tecnológica, lo que podría incidir sobre la realización de actividades de I+D y sobre su productividad. Así, aunque la intensidad en el gasto y en la inversión en TIC no ha de coincidir con el esfuerzo en I+D, existen razones para pensar que estas actividades tienen cada vez más interrelación. Para contrastar este hecho, se amplían las estimaciones sectoriales agrupando los sectores en función de su intensidad tecnológica en línea con la metodología propuesta por la OCDE (Hatzichronoglou (2001)). Según la misma, el grado de intensidad tecnológica se cuantifica sobre la base de tres indicadores: la inversión en I+D sobre el valor añadido, la inversión en I+D sobre la producción y el contenido tecnológico de los bienes intermedios y bienes de inversión sobre la producción. En este trabajo se emplea tan sólo el último criterio, con el objeto de evitar posibles sesgos derivados de emplear la I+D como criterio de clasificación y como factor productivo.

Para ello, se emplean las *Tablas Input-Output de España* entre 1995 y 1998 elaboradas por el INE y se calcula la proporción de compras realizadas por cada sector a los sectores TIC sobre el total de compras intermedias (véase el Cuadro 3)²⁵.

Cuadro 3.
Compras intermedias a los sectores productores de TIC

	(% de compras intermedias totales)			
	1995	1996	1997	1998
Tecnología media-alta				
Comunicaciones	27,7%	45,0%	50,9%	50,0%
Maquinaria	27,9%	29,1%	29,0%	28,9%
Otros servicios de mercado	7,1%	7,2%	7,5%	7,8%
Material de transporte	5,5%	5,7%	5,8%	5,8%
Construcción	5,4%	5,6%	5,7%	5,6%
Energía	3,3%	3,3%	2,9%	3,3%
Productos químicos	3,2%	3,3%	3,0%	3,1%
Tecnología baja				
Minerales no metálicos	2,4%	2,5%	2,5%	2,6%
Metalurgia y productos metálicos	2,0%	2,1%	2,1%	2,2%
Comercio y hostelería	2,0%	2,0%	2,1%	2,1%
Papel y edición	1,8%	2,0%	2,2%	2,1%
Servicios de transporte	1,4%	2,0%	2,2%	2,1%
Plástico y caucho	1,5%	1,6%	1,7%	1,7%
Otros productos manufactureros	1,3%	1,4%	1,5%	1,4%
Textiles	0,9%	1,0%	0,9%	1,0%
Alimentos, bebidas y tabaco	0,6%	0,6%	0,7%	0,7%
Total nacional	4,6%	5,2%	5,4%	5,6%
Total no TIC	3,1%	3,3%	3,3%	3,4%

Fuente: INE y elaboración propia

Ello permite clasificar los 16 sectores analizados de la economía privada no agraria no financiera en dos grandes bloques²⁶: sectores de intensidad tecnológica media-alta (Energía, Productos químicos, Maquinaria, Material de transporte, Construcción, Comunicaciones y

Otros servicios de mercado) y sectores de intensidad tecnológica baja (Metalurgia y productos metálicos, Minerales no metálicos, Alimentos, bebidas y tabaco, Textiles, Otros productos manufactureros, Papel y edición, Plástico y caucho, Comercio y hostelería y Servicios de transporte). Como se puede observar, resulta una clasificación bastante homogénea con la resultante de las series de I+D²⁷. En contraste con la evidencia de convergencia en la dotación tecnológica por regiones, en el caso del análisis sectorial de los sectores son aquellas ramas más intensivas en compras TIC las que han reflejado un crecimiento mayor de las actividades de I+D (con un crecimiento promedio anual del 7,4%, frente al 6,8% de los sectores no usuarios). Sólo la mayor creación de empleo en aquellas explica que el diferencial de capital tecnológico por empleado no haya aumentado.

Sobre esta base, se relajará la hipótesis de elasticidades comunes del *output* a los factores productivos en todos los sectores, permitiendo que éstos difieran según se trate de sectores de intensidad tecnológica media-alta o sectores no tecnológicos. En el Cuadro 4 se muestran las estimaciones elegidas.

Cuadro 4.
Funciones de producción sectoriales con capital tecnológico

	Variable dependiente: Output/Trabajo (a)		
	IX	X	XI
Capital/Trabajo			
Sect. tecnológicos	0,833** (0,058)	0,747** (0,073)	0,743** (0,070)
Sect. no tecn.	0,334** (0,078)	0,159 (0,091)	0,143 (0,091)
Stock I+D/Trabajo			
Sect. tecnológicos	0,130** (0,025)	0,075* (0,037)	
Sect. no tecn.	0,017 (0,017)	-0,023 (0,020)	
Stock I+D exterior			
Sect. tecnológicos		0,100 (0,053)	
Sect. no tecn.		0,140** (0,041)	
Stock I+D total			
Sect. tecnológicos			0,169** (0,033)
Sect. no tecn.			0,114** (0,034)
Efectos fijos sectoriales	Sí	Sí	Sí
Efectos fijos temporales	No	No	No

Error estándar entre paréntesis

* Significativo al 5% y ** significativo al 1%

(a) Todas las variables se especifican en logaritmos

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar, el capital tecnológico propio presenta una elasticidad significativa en los sectores tecnológicos (entre el 0,08 y el 0,13 dependiendo de la especificación), mientras que la elasticidad no es significativamente diferente de cero en los sectores no tecnológicos. Ello sugiere que el capital tecnológico, y, por tanto, la inversión en I+D, impulsa la producción de las ramas con un mayor contenido tecnológico, más relacionadas con la producción y uso de la tecnología. Por el contrario, no influye sobre la producción de las ramas de tecnología baja. Ello puede responder a las características propias de su actividad, o bien a no haber alcanzado un nivel de desarrollo tecnológico crítico.

Ahora bien, debe tenerse en consideración la posibilidad de que existan externalidades positivas entre sectores. Las estimaciones que incorporan, además del capital tecnológico propio, el capital tecnológico ajeno muestran que éste es particularmente significativo en las ramas de tecnología baja, lo que sugiere la presencia de efectos externos positivos (especificación X). Así, la inversión en I+D y la consiguiente acumulación de capital tecnológico, impulsa la producción de todos los sectores de la economía, por medio de su acumulación en las ramas de tecnología media-alta y por vía indirecta en aquellas con un contenido tecnológico limitado. Este resultado es corroborado por las estimaciones que incluyen el capital tecnológico total, como se observa en el mismo Cuadro 4 (especificación XI).

En síntesis, la evidencia empírica muestra que no sólo la inversión en I+D productiva para las empresas con mayor integración tecnológica, sino también su acumulación, incide sobre el resto de sectores, impulsando la producción a escala sectorial, al beneficiarse de externalidades positivas.

Estos resultados son, según nuestras informaciones, relativamente originales en la literatura empírica en España, en buena medida dadas las escasas aportaciones sobre el crecimiento económico y la productividad a nivel sectorial (en especial si se comparan con los estudios regionales). Además, en contraste con el presente artículo donde se estimó la función de producción, es común en la literatura imponer a priori las elasticidades del *output* a los factores productivos, dentro del marco de ejercicios de *contabilidad del crecimiento*. A pesar de estas diferencias metodológicas, los resultados son coherentes con dos trabajos recientes en esta línea. En Estrada y López-Salido (2001) se destaca, a partir de unas series estadísticas y de una clasificación sectorial similares, el deterioro generalizado de la productividad total de los factores en nuestro país desde 1980, el cual se podría explicar, tal y como se estableció en la revisión teórica, por un menor esfuerzo innovador. Por su parte, en Hernando y Nuñez (2001), con datos de la *Central de Balances* del Banco de España, se profundiza en el papel de la inversión TIC. Estos autores destacan la positiva y creciente aportación del capital TIC al crecimiento económico y la productividad de las empresas españolas entre 1991 y 2000.

7. Conclusiones

En este trabajo se estiman funciones de producción regionales y sectoriales para contrastar la incidencia de la innovación sobre la actividad económica. Las limitaciones estadísticas

impiden que se analice la contribución del conjunto de la inversión tecnológica y de la innovación en sentido amplio (I+D+i), por lo que el estudio se centra en la aportación de la acumulación de inversión en I+D al crecimiento. Ello podría estar excluyendo una parte importante del progreso tecnológico de la economía española, particularmente dada su especialización en el sector servicios y su estructura productiva basada en la pequeña y mediana empresa.

En todo caso, las estimaciones confirman la elevada rentabilidad del capital tecnológico, tanto a escala regional como en los sectores de tecnología media-alta. Ello sugiere que la innovación podría desempeñar un papel determinante en la modernización de la empresa española. Este proceso innovador debería englobar tanto un incremento de la inversión en I+D, como cambios en la estructura organizativa de las empresas que impulsen su eficiencia y su productividad.

Asimismo, los resultados confirman la presencia de externalidades productivas en la acumulación de capital tecnológico a escala sectorial para las ramas no tecnológicas. Así, la inversión en I+D a escala nacional repercute sobre el conjunto de la actividad sectorial, independientemente del carácter tecnológico del sector. La existencia de externalidades positivas a escala sectorial contrasta con su no significatividad a escala regional. Ello sugiere la necesidad de fortalecer las vías de difusión regional del conocimiento, entre las cuales destaca la movilidad de los trabajadores y las relaciones comerciales entre empresas y entre instituciones localizadas en diferentes regiones. Además, la presencia de externalidades productivas sugiere que el Sector Público debe tomar parte activa en la promoción de la acumulación de capital tecnológico, al ser la rentabilidad social de esta inversión superior a la obtenida por el sector inversor. En resumen, estos resultados justifican el uso de fondos públicos para subvencionar la acumulación de capital tecnológico.

Las líneas de ampliación de la presente investigación se antojan numerosas. Sin ánimo de exhaustividad, se podrían realizar análisis normativos sobre la conveniencia de la realización por parte del Sector Público de actividades de I+D, o bien sobre qué políticas públicas son las más efectivas para fomentar la I+D empresarial. Un segundo ámbito natural de ampliación sería la estimación del impacto de la I+D sobre la actividad económica de las regiones españolas, desagregado por sectores productivos. De esta manera, se podría estimar de manera individualizada la contribución de la estructura productiva y del capital tecnológico en cada sector, a la evolución económica de las regiones españolas. Una tercera línea podría consistir en ampliar la cobertura geográfica del análisis, con el fin de recoger las posibles transferencias transfronterizas de conocimiento en el ámbito de la UE, ante la creciente integración económica de España en la Unión. Finalmente, sería útil profundizar en las causas de las externalidades observadas a nivel empresarial, de modo que pudieran ser incorporadas como instrumentos adicionales de las políticas públicas y privadas de cohesión regional y permitiera desarrollar mecanismos de mercado que internalicen estas externalidades.

Notas

1. Entre las vías de difusión del conocimiento habitualmente consideradas en los estudios teóricos y empíricos figura el contacto directo entre los investigadores gracias a los viajes y las migraciones, los flujos comerciales y los flujos de inversión extranjera directa. En este sentido, véase el estudio original de Keller (2002a), y Döring y Schnellenbach (2004) y Congressional Budget Office (2005) para una revisión de estas aportaciones.
2. Las estimaciones en primeras diferencias incorporan sesgos bien conocidos en la literatura sobre funciones de producción. En todo caso, los resultados en diferencias también están disponibles bajo petición.
3. El supuesto de elasticidad del *output* a los factores productivos comunes por regiones es empleado en los estudios regionales en España de Gorostiaga (1999) y Gumbau y Maudos (2001 y 2006). En el caso de los análisis sectoriales, Estrada y López-Salido (2001) emplean tanto el supuesto de elasticidades constantes, como diferenciadas entre manufacturas y servicios, así como entre ramas productivas, y López et al. (2001), optan por diferenciar las elasticidades de los 12 sectores, dentro de una muestra internacional. Sus principales resultados se recogen en las Secciones 5 y 6.
4. Los contrastes de Hausman y Taylor corroboran la idoneidad de las estimaciones con efectos fijos frente a la alternativa de efectos aleatorios en todas las especificaciones.
5. La hipótesis de rendimientos constantes de escala se contrasta empíricamente en cada una de las especificaciones. Los resultados de los contrastes, al igual que los programas utilizados, están disponibles bajo petición.
6. La no disponibilidad de datos de capital humano sectoriales implica que en las estimaciones sectoriales $\phi=0$.
7. Como destacan Corrales y Taguas (1991), el enlace de las magnitudes de Contabilidad Nacional comporta un problema de agregación. Los valores obtenidos de la aplicación del enlace descrito no son independientes del orden de enlace ni del nivel de desagregación considerado, y más si se consideran series en precios corrientes y en precios constantes. Por ello, y para respetar el criterio de congruencia aditiva, es decir que la suma de los distintos componentes de una magnitud, valorados a precios del año base, sea igual al valor de esa magnitud a esos precios, estos autores propusieron una metodología de enlace consistente en la aplicación de un escalón a los componentes y en la distribución proporcional de la discrepancia entre dichos componentes. En este trabajo este procedimiento se ha obviado, debido al reducido volumen de la discrepancia, inferior en todos los años al 0,5% tanto en el caso del valor añadido como del empleo.
8. La muestra de sectores es suficientemente representativa del conjunto de la economía española, al concentrar el 74% del valor añadido a precios constantes, el 68% del empleo, el 93% del capital y el 99% del capital tecnológico en el período 1986-2000.
9. El empleo de las ramas de metalurgia y productos metálicos y maquinaria para el período 1986-1994 sólo está disponible en términos agregados. Por ello, se desagregó entre ambas —al igual que entre las ramas de plástico y caucho y otros productos manufacturados y entre las de servicios de transporte y telecomunicaciones— manteniendo la proporción observada entre 1995 y 2000. La base de datos regionales y sectoriales está disponible para los lectores desde la página *web* de *Hacienda Pública Española / Revista de Economía Pública* y contiene todas las series, así como un cuadro de equivalencias entre las definiciones de las ramas de actividad en las diferentes fuentes estadísticas empleadas.
10. Esta estrategia empírica es igualmente aplicada por Estrada y López-Salido (2001). A ello se une, en el caso de los servicios financieros, el cambio metodológico asociado al cambio de base de la Contabilidad Nacional, dado que en base 1986 sólo se medían las actividades de crédito y seguro.
11. Para ello, se supuso que el *stock* de capital se distribuía igual que en el período 1990-1998.
12. Esta opción es la más habitual en España, donde ha sido aplicada por Martín y Velázquez (2001) y Gumbau y Maudos (2001 y 2006). Alternativamente, López et al. (2001) emplean el deflactor del PIB y Puente y Pérez (2004) el deflactor de la inversión en bienes de equipo.

13. El retardo de un año coincide con el propuesto por Keller (2001, 2002a y 2002b). En España, Martín y Velázquez (2001), López et al. (2001) y Gumbau y Maudos (2001 y 2006) optaron por suponer un retardo medio de dos años entre la realización de la inversión y sus efectos económicos, frente al carácter contemporáneo en Puente y Pérez (2004). En cuanto a la tasa de depreciación empleada (10%), se sitúa en el rango habitual en la literatura y coincide con la empleada por Martín y Velázquez (2001) en España y por Keller (2001, 2002a) a nivel internacional. Ello se sitúa en un nivel intermedio frente al 15% de Gumbau y Maudos (2001 y 2006) y el 5% de Keller (2002b). En Keller (2002a) se sostiene que, en ocasiones, la «verdadera» tasa social de depreciación del conocimiento es del 0%. En todo caso, las series, incluidas en la base de datos, no son muy sensibles a estos supuestos. A pesar de ello, se estimaron igualmente para los valores alternativos y se encuentran disponibles bajo petición.
14. Tan sólo Alemania muestra una distribución más homogénea del esfuerzo inversor, al reducirse esta proporción al 26%. Las estadísticas clasifican las regiones según la *Nomenclature of Territorial Units NUTS 2*, distribución territorial equivalente a las Comunidades Autónomas en el caso de España.
15. Último ejercicio para el cual se disponía de información pública desagregada por CC.AA. en el momento de redactar el artículo.
16. Por actividades de innovación se entienden tanto la I+D interna (que en 2002 se elevó al 34,8% citado), como la adquisición de I+D (I+D externa, el 11,9% del gasto total), la adquisición de maquinaria y equipo (32,5%), la adquisición de otros conocimientos externos (5,7%), la formación (1,4%), la introducción de innovaciones en el mercado (6,7%) y los gastos en diseño (7%).
17. Gumbau y Maudos (2006) corroboran la existencia tanto de sigma-convergencia como de beta-convergencia entre las CC.AA. en el período 1986-1998.
18. En línea con Gumbau y Maudos (2001) En cambio, estos resultados contrastan con los obtenidos por Gumbau y Maudos (2006), en cuyo trabajo el capital tecnológico interno no resulta significativo, mientras que las externalidades derivadas del capital exterior, definido como la suma ponderada por relaciones comerciales o por distancia geográfica, son positivas y muy significativas (si bien a costa de debilitar la significatividad del resto de regresores).
19. De hecho, en ausencia de capital tecnológico, el capital humano pasa a ser significativo.
20. Tal y como establecen algunos trabajos recientes, como el citado Keller (2002a), las externalidades derivadas de la difusión del conocimiento pueden tener límites geográficos. La variable distancia se emplea como *proxy* de la intensidad de las relaciones comerciales y laborales entre regiones, de manera que la profundización en este ámbito conforma una de las extensiones naturales de la investigación. Otras alternativas, como la ponderación por flujos comerciales o por flujos de IED se dificultan por la falta de información estadística adecuada.
21. Una cuestión menor, pero que merece ser mencionada, es que las estadísticas de *Eurostat* desagregan entre los diferentes sectores institucionales (empresas, Sector Público e instituciones de enseñanza) según el origen de la financiación de las actividades de I+D, frente a las estadísticas del INE que emplean el criterio de sector de ejecución. En todo caso, ambos enfoques muestran resultados muy parecidos.
22. Entre las 500 empresas más innovadoras hay 208 de EE.UU., 127 de Japón y 132 de la UE15. Las dos empresas líderes en España apenas invierten en 0,2% del total de I+D empresarial en Europa
23. El caso opuesto lo representa el Textil, el cual se sitúa entre los cuatro sectores más innovadores en 2000, mientras que en términos de capital tecnológico por empleado su situación es más modesta. Si este tipo de discrepancias responden a un año atípico, o bien a un cambio estructural en el grado de innovación excede de las pretensiones de este trabajo. En todo caso, como se indica en el texto, la utilización del capital tecnológico minimiza los sesgos en los resultados.
24. Al igual que en la sección regional, se imponen elasticidades del *output* a los factores productivos comunes a todas las sectores.
25. Las definiciones del sector TIC más empleadas en la literatura especializada son las elaboradas por la OCDE

- y por el Departamento de Comercio de EE.UU. Su correspondencia en términos de Contabilidad Nacional CNE-95 permite identificar como ramas productoras de TIC las seis siguientes: Máquinas de oficina y equipos informáticos, Fabricación de material electrónico, Instrumentos medico-quirúrgicos y de precisión, Correos y telecomunicaciones, Actividades informáticas e Investigación y desarrollo.
26. Como toda clasificación, no está exenta de limitaciones, en buena medida derivados del grado de agregación de las ramas. El criterio empleado para diferenciar los dos grupos consistió, simplemente, en evaluar si se situaban por encima o por debajo del promedio nacional. En los cuatro años analizados, tan sólo las ramas de Energía y Productos químicos planteaban alguna duda, al situarse dos años por encima del promedio (1995 y 1996) y dos por debajo (1997 y 1998). De hecho, una primera clasificación, con tres intervalos basados en el promedio y en la desviación típica, permitía diferenciar entre sectores de tecnología baja (los nueve citados), de tecnología media (Energía y Productos químicos) y de tecnología alta (los cinco restantes). Finalmente, por claridad expositiva se simplificó la clasificación, optándose por situarlos en el grupo de tecnología media-alta, dada su mayor proximidad al promedio nacional.
 27. De entre los 16 sectores, sólo tres se clasificarían de manera diferente que si se atendiera al capital tecnológico por empleado. Así, el sector de Construcción es intensivo en compras TIC, a pesar de su baja inversión acumulada en I+D por empleado, mientras que las ramas de Textiles y Plástico y caucho invierten relativamente menos en nuevas tecnologías que en I+D.

Referencias bibliográficas

- Aghion, P. y Howitt, P. (1992), "A model of growth through creative destruction", *Econometrica*, 60 (2): 323-351.
- Congressional Budget Office (2005), "R&D and productivity growth", *Background Paper*.
- Corrales, E. y Taguas, D. (1991), "Series macroeconómicas para el período 1954-1989: un intento de homogeneización", en C. Molinas, M. Sebastián y A. Zabalza (eds.), *La economía española. Una perspectiva macroeconómica*, Barcelona y Madrid: Antoni Bosch e Instituto de Estudios Fiscales, 583-646
- Döring, T. y Schnellenbach, J. (2004), "What do we know about geographical knowledge, spillovers and regional growth? – A survey of the literature", *Economic Research Notes, Working Paper Series* nº14, Deutsche Bank Research.
- Estrada, A. y López-Salido, D. (2001), "Accounting for Spanish productivity growth using sectoral data: new evidence", *Documentos de Trabajo* 0110, Banco de España, Servicio de Estudios.
- Gorostiaga, A. (1999), "¿Cómo afectan el capital público y el capital humano al crecimiento?: un análisis para las regiones españolas en el mercado neoclásico", *Investigaciones Económicas*, XXIII (1): 95-114.
- Griliches, Z. (1979): "Issues in assessing the contribution of research and development to productivity growth", *The Bell Journal of Economics*, 10 (1): 92-116.
- Grossman, G.M. y Helpman, E. (1991): *Innovation and growth in the global economy*, Cambridge (MA) y Londres: MIT Press.
- Guellec, D. y van Pottelsberghe, B. (2001), "R&D and productivity growth: panel data analysis of 16 OECD countries", *STI Working Papers* 2001/3, Organization for Economic Co-operation and Development.

- Gumbau, M. y Maudos, J. (2001), “Actividad tecnológica y crecimiento económico en las regiones españolas”, *Working Papers* WP-EC 2001-17, Instituto Valenciano de Investigaciones Económicas.
- Gumbau, M. y Maudos, J. (2006), “Technological activity and productivity in the Spanish regions”, *Annals of Regional Science*, 40 (1): 55-80.
- Hatzichronoglou, T. (2006), “Revision of the high-technology sector and product classification”, *STI Working Papers* 1997/2. Organization for Economic Co-operation and Development.
- Hernando, I. y Nuñez, S. (2004), “The contribution of ICT to economic activity: a growth accounting exercise with Spanish firm-level data”, *Investigaciones Económicas*, XXVIII (2): 315-348.
- Keller, W. (2001), “Knowledge spillovers at the world’s technology frontier”, *NBER Working Paper*, 8150.
- Keller, W. (2002a), “Geographic localization of international technology diffusion”, *The American Economic Review*, 92 (1): 120-142.
- Keller, W. (2002b), “Trade and the transmission of technology”, *Journal of Economic Growth*, 7 (1): 5-24.
- López, C., Sanaú, J. y Barcenilla, S. (2001), “Pautas sectoriales del capital tecnológico en la Unión Europea, 1975-1992”, *Revista de Economía Aplicada*, IX (27): 157-175.
- Mankiw, N.G., Romer, D. y Weil, D.N. (1992), “A contribution to the empirics of economic growth”, *The Quarterly Journal of Economics*, 107 (2): 407-437.
- Martín, C. y Velázquez, F.J. (2001), “Series de indicadores de convergencia real para España, el resto de países de la UE y EE.UU.”, *Estudios de la Fundación de las Cajas de Ahorros Confederadas para la Investigación Económica y Social*, 9.
- Puente, S. y Pérez, M. (2004), “Las series de stock de capital humano y tecnológico en los indicadores de convergencia real”, *Boletín Económico*, Diciembre 2004, pp.65-71, Banco de España.
- Romer, P.M. (1990), “Endogenous technological change”, *Journal of Political Economy*, 98 (5-p2): S71-S102.
- Solow, R.M. (1957), “Technical change and the aggregate production function”, *The Review of Economics and Statistics*, XXXIX (3): 312-320.

Abstract

There is a growing consensus about the need of intensifying Information Technology (IT) investment and Research and Development (R&D) activities as a means to boost long term economic growth. This paper aims to test empirically the contribution of technological capital – measured as the stock of R&D flows – to Spanish output during the last two decades. We perform this task on a disaggregated basis, by regions and by industries of the non-farm business sector, taking into account their IT intensity. Moreover, we evaluate the presence of positive externalities stemming from R&D investments.

Keywords: R&D, Economic growth, Externalities.

JEL Classification: D62, E23, O3, O4.

Base de datos macroeconómicos por sectores y CC.AA. en España, 1986-2000

Series

- Valor añadido real (euros constantes)
 - Empleo (puestos de trabajo equivalentes a tiempo completo)
 - Capital físico real (euros constantes)
 - Capital humano (proporción de ocupados con estudios medios)
 - I+D nominal (euros corrientes)
 - I+D real (euros constantes)
 - Capital tecnológico real (euros constantes)
 - Intensidad tecnológica (proporción de compras intermedias a sectores productores de tecnología)
-

Notas

- Las magnitudes a precios constantes se expresan en euros de 1995
 - Las series de stock de capital tecnológico se estimaron suponiendo un retardo de un año entre la realización de la inversión en I+D y su impacto sobre la productividad, y una tasa de depreciación del 10% anual
 - Los stock de capital físico y tecnológico se deflataron según los precios de la Formación Bruta de Capital Fijo
 - Las series regionales comprenden el período 1987-1999 y las sectoriales 1986-2000
 - Las series de capital humano sólo se presentan por CC.AA.
 - La intensidad tecnológica sólo se presenta por sectores, entre 1995 y 1998
-

Fuente

- Manuel Balmaseda y Ángel Melguizo
- I+D como factor productivo en la economía española: un análisis empírico regional y sectorial
Hacienda Pública Española / Revista de Economía Pública n.º 180 (1/2007)
(Sobre la base de series originales de INE, Fundación BBVA-IVIE y Fundación Bancaja-IVIE)

Anexo

- Descargable y/o solicitable a Hacienda Pública Española / Revista de Economía Pública.